

**PCT**WELTORGANISATION FÜR GEISTIGES EIGENTUM  
Internationales BüroINTERNATIONALE ANMELDUNG VERÖFFENTLICHT NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE  
INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT)

(51) Internationale Patentklassifikation <sup>6</sup> : H02K 19/10, 1/06, 1/14	A1	(11) Internationale Veröffentlichungsnummer: WO 99/01924 (43) Internationales Veröffentlichungsdatum: 14. Januar 1999 (14.01.99)
---	----	--

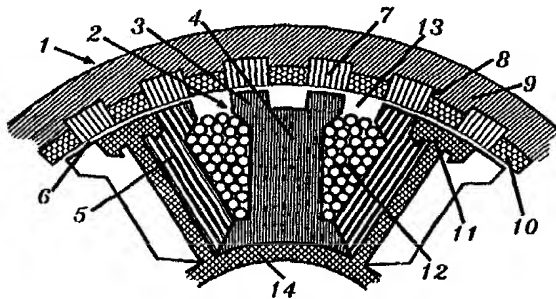
(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE98/01826 (22) Internationales Anmeldedatum: 2. Juli 1998 (02.07.98) (30) Prioritätsdaten: 197 28 172.9 2. Juli 1997 (02.07.97) DE (71)(72) Anmelder und Erfinder: HILL, Wolfgang [DE/DE]; Ortenbergstrasse 3, D-76135 Karlsruhe (DE).	(81) Bestimmungsstaaten: CN, JP, US, europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).  Veröffentlicht Mit internationalem Recherchenbericht.
--	--

(54) Title: ELECTRICAL MACHINE WITH SOFT-MAGNETIC TEETH AND A METHOD FOR PRODUCING SAME

(54) Bezeichnung: ELEKTRISCHE MASCHINE MIT WEICHMAGNETISCHEN ZÄHNEN UND VERFAHREN ZUR IHRER HERSTELLUNG

## (57) Abstract

Electrical machines operating according to the reluctance principle have toothed air gap surfaces between their moving and fixed parts. The magnetizability of these teeth directly affects the performance of the machine. According to the invention, the teeth projecting into the air gap consist of a material which in relation to the remaining soft-magnetic body presents better magnetizability and/or greater magnetic saturation flux density. This material is preferably a grain-oriented electric steel sheet or a cobalt-iron alloy. Alternatively or in addition thereto the soft-magnetic body in which the conductor coils are positioned can be made entirely of a grain-oriented material by appropriate segmentation. In this case, every second pole is unspooled and consists of two halves separated by a non-magnetic holding element. The use of steel sheets rolled at angle also contributes to the improved use of space and material in rotating machines, especially in transverse flux machines. The characteristics of the construction provided for in the invention result in the production of little cutting waste and thus raise the performance of electrical machines with soft-magnetic teeth at the air gap surface and reduce losses.



## (57) Zusammenfassung

Nach dem Reluktanzprinzip funktionierende elektrische Maschinen weisen zwischen den bewegten und stehenden Teilen gezahnte Luftspaltoberflächen auf. Die Magnetisierbarkeit der Zähne beeinflusst unmittelbar die Leistungsfähigkeit der Maschine. Erfindungsgemäß bestehen die in den Luftspalt ragenden Zähne aus einem Material, das gegenüber dem übrigen weichmagnetischen Körper eine günstigere Magnetisierbarkeit und/oder eine höher magnetische Sättigungsflußdichte aufweist. Vorzugsweise ist dies kornorientiertes Elektroblech oder eine Kobalteisen-Legierung. Alternativ oder ergänzend kann der weichmagnetische Körper, in dem die Leiterspulen angeordnet sind, durch eine geeignete Segmentierung auch vollständig aus kornorientiertem Material hergestellt werden, wobei jeder zweite Pol unbewickelt ist und aus zwei Polhälften besteht, die durch ein unmagnetisches Halterungselement getrennt sind. Ebenfalls zu einer besseren Raum- und Materialausnutzung in rotierenden Maschinen, besonders bei transversaler Flußführung, trägt die Verwendung von schräg gewalzten Blechen bei. Die erfindungsgemäßen Bauformmerkmale erhöhen bei geringem Stanzverschnitt die Leistungsfähigkeit von elektrischen Maschinen mit weichmagnetischen Zähnen an der Luftspaltoberfläche und senkt deren Verluste.

# **LEDIGLICH ZUR INFORMATION**

Codes zur Identifizierung von PCT-Vertragsstaaten auf den Kopfbögen der Schriften, die internationale Anmeldungen gemäss dem PCT veröffentlichen.

AL	Albanien	ES	Spanien	LS	Lesotho	SI	Slowenien
AM	Armenien	FI	Finnland	LT	Litauen	SK	Slowakei
AT	Österreich	FR	Frankreich	LU	Luxemburg	SN	Senegal
AU	Australien	GA	Gabun	LV	Lettland	SZ	Swasiland
AZ	Aserbaidshan	GB	Vereinigtes Königreich	MC	Monaco	TD	Tschad
BA	Bosnien-Herzegowina	GE	Georgien	MD	Republik Moldau	TG	Togo
BB	Barbados	GH	Ghana	MG	Madagaskar	TJ	Tadschikistan
BE	Belgien	GN	Guinea	MK	Die ehemalige jugoslawische Republik Mazedonien	TM	Turkmenistan
BF	Burkina Faso	GR	Griechenland	ML	Mali	TR	Türkei
BG	Bulgarien	HU	Ungarn	MN	Mongolei	TT	Trinidad und Tobago
BJ	Benin	IE	Irland	MR	Mauretanien	UA	Ukraine
BR	Brasilien	IL	Israel	MW	Malawi	UG	Uganda
BY	Belarus	IS	Island	MX	Mexiko	US	Vereinigte Staaten von Amerika
CA	Kanada	IT	Italien	NE	Niger	UZ	Usbekistan
CF	Zentralafrikanische Republik	JP	Japan	NL	Niederlande	VN	Vietnam
CG	Kongo	KE	Kenia	NO	Norwegen	YU	Jugoslawien
CH	Schweiz	KG	Kirgisistan	NZ	Neuseeland	ZW	Zimbabwe
CI	Côte d'Ivoire	KP	Demokratische Volksrepublik Korea	PL	Polen		
CM	Kamerun	KR	Republik Korea	PT	Portugal		
CN	China	KZ	Kasachstan	RO	Rumänien		
CU	Kuba	LC	St. Lucia	RU	Russische Föderation		
CZ	Tschechische Republik	LI	Liechtenstein	SD	Sudan		
DE	Deutschland	LK	Sri Lanka	SE	Schweden		
DK	Dänemark	LR	Liberia	SG	Singapur		
EE	Estland						

### **Elektrische Maschine mit weichmagnetischen Zähnen und Verfahren zur ihrer Herstellung**

Die Erfindung betrifft elektrische Maschinen mit weichmagnetischen Zähnen an der Luftspalt-oberfläche und Verfahren zur ihrer Herstellung.

Elektrische Maschinen mit weichmagnetischen Zähnen an der Luftspaltoberfläche, sind unter den Bezeichnungen Schrittmotor oder geschaltete Reluktanzmaschine in vielfältigen Bauformen bekannt. Durch die Zahnung ändert sich beim Bewegen des Läufers der magnetischen Widerstand für den über den Luftspalt geführten magnetischen Fluß. Die nutzbaren Kräfte sind von der Zahngeometrie, der Magnetisierbarkeit des weichmagnetischen Materials und der Flußdichte im Luftspalt abhängig.

Eine Bauart die sich insbesondere durch eine einfache Wickeltechnik auszeichnet ist die Transversalflußmaschine. Der weichmagnetische Körper weist in Umfangsrichtung Lücken auf die in etwa der halben Polbreite entsprechen. In den Lücken kann der im Leiterring fließende Strom nur ein schwaches Magnetfeld ausbilden, sodaß diese Umfangsabschnitte mehr zur Verlustleistung als zur Nutzleistung beitragen.

Aus der DE 43 25 740 C1 ist eine Transversalflußmaschine bekannt in der um den Leiterring U-förmige weichmagnetische Kerne angeordnet sind deren tangentielle Breite mit dem Radius überproportional zunimmt. Hierdurch entstehen zwischen den radial inneren Enden der Kerne in Umfangsrichtung Lücken die breiter als die Kernbreite sind.

In der DE-OS 28 05 333 und der DE 40 40 116 C2 werden segmentierte weichmagnetische Körper beschrieben, in denen die Schichtung der Zahnkerne senkrecht zur Schichtung der Jochbleche erfolgt.

Aus der DE 34 14 312 A1 ist eine permanenterregte Maschine mit Elektromagnetgruppen bekannt, die in Bewegungsrichtung an beiden Enden unbewickelte Halbpole aufweisen. Durch eine Lücke zwischen den Elektropoleinheiten wird der Phasenversatz gebildet. Die Pole und Halbpole weisen Polschuhe auf, die mit einer ebenen Luftspaltoberfläche nur enge Nutschlitze zum Einlegen der Drahtwicklung offen lassen. Der elektromagnetische Eisenkreis der Elektromagnetgruppen ist einstückig ausgeführt.

Weiterin ist aus der DE 42 41 085 A1 bekannt, Polschuhe mit einer Schwalbenschwanzverbindung auf Polkernen zu befestigen.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine nach dem Reluktanzprinzip funktionierende Maschine derart weiterzuentwickeln, daß bei vertretbaren Herstellungskosten der auf die Luftspaltfläche bezogene Drehschub vergrößert und die ohmschen und magnetischen Verluste vermindert werden.

Diese Aufgabe wird durch die in den Merkmalen der Ansprüche 1, 4, 6, 8 oder 9 wiedergegebene Erfindung gelöst.

Erfindungsgemäß bestehen die in die Luftspaltoberfläche angrenzenden weichmagnetischen Zähne aus einem Material, das gegenüber dem übrigen weichmagnetischen Körper eine höher flußdichte bei gleicher magnetischer Feldstärke und/oder eine höhere magnetische Sättigungsflußdichte aufweist. Vorzugsweise wird in den Zähnen kornorientiertes Elektroblech oder eine Kobalteisen-Legierung eingesetzt.

Damit der leistungssteigernde Effekt nicht beeinträchtigt wird, weist der übrige weichmagnetische Körper in Richtung des magnetischen Flusses insgesamt einen größeren Querschnitt auf, als die Summe der an den Luftspalt grenzenden Zahnoberflächen.

**Beispiel:** Durch den Einsatz einer Kobalteisenlegierung kann die Flußdichte in den Zähnen bei gleicher Bestromung der Maschine um bis zu 20 % gesteigert werden (2,3 T anstatt 1,9 T). Bei gleicher Luftspaltoberfläche bzw. in etwa gleicher Maschinengröße steigt die Leistungsfähigkeit der Maschine um 44 %.

Alternativ oder ergänzend besteht der weichmagnetische Körper, in dem die Leiterspulen angeordnet sind, aus einzeln vorgefertigten Polsegmente, die vorzugsweise aus kornorientiertem Elektroblech hergestellt werden. Jeder zweite Pol ist unbewickelt und besteht aus zwei Polhälften, die durch ein unmagnetisches Halterungselement verbunden sind. Die Anzahl der Zähne auf der Luftspaltoberfläche des bewickelten Poles entspricht der doppelten Anzahl der Zähne eines Halbpols. Das vorzugsweise T-förmige Halteelement besteht aus einem Material mit niedriger magnetischer und elektrischer Leitfähigkeit und verhindert die Bewegung der Halbpole in Richtung des magnetischen Flusses im Luftspalt. Die Halbpole fixieren wiederum das bewickelte Polelement in seiner Position.

Dieser modulare Aufbau entspricht dem zweiten Grundgedanken der Erfindung und erlaubt ebenfalls den vorteilhaften Einsatz kornorientierten Materials, wobei im Luftspaltbereich und in dem Maschinenbereich, in dem der Raum zwischen Leiter- und Eisenmaterial aufgeteilt werden muß, die gute Magnetisierbarkeit optimal genutzt werden kann. Ein die Leistungsfähigkeit der Maschine beeinträchtigende Erhöhung des magnetischen Widerstandes tritt in den kornorientierten Polsegmenten erst bei ca. 1,9 T auf. Dagegen tritt die gleiche Erhöhung des magnetischen Widerstandes in nichtkornorientiertem Elektroblech bereits bei 1,6 T auf. Erst die gegenüber dem Stand der Technik neuartige Segmentierung des bewickelten Körpers ermöglicht die optimale Nutzung der Kornorientierung in dem Nutbereich der Pole.

Die höher Flußdichte im Pol ermöglicht bei gleichem Luftspaltdurchmesser und gleicher Durchflutung eine Vergrößerung der Nutbreite und der zusätzliche Nutraum ermöglicht eine Senkung der Wicklungsverluste. Zusätzlich muß die Polwicklung nicht durch einen engen Nutschlitz eingefädelt werden.

**Beispiel:** Ausgehend von einer konventionellen Maschine mit Polbreite = Nutbreite in der Mitte des Nutbereichs kann durch die Herstellung der Polsegmente aus kornorientiertem Elektroblech bei gleicher Flußdichte im Luftspalt die Polbreite um 15 % vermindert werden. Zusätzlich ist die Polspule - dank der günstigeren Wickeltechnik - mit 65 % anstatt 50 % Füllfaktor herstellbar. Zusammen ergibt sich eine 50 % größerer Kupferquerschnittsfläche pro Nut bzw. eine Abnahme der Wicklungsverluste um 33 %.

Wesentlich für diese Verbesserung ist die Segmentierung des bewickelten weichmagnetischen Körpers in bewickelte Pole und unbewickelte Halbpole, wobei der Halbpole mindestens einen Zahn am Luftspalt ausbildet. Der bewickelte Pol und die beiden mit ihm im Jochbereich verbundenen Halbpole bilden eine magnetische Einheit, die durch die unmagnetischen Halterungselemente von benachbarten baugleichen magnetischen Einheiten getrennt ist. Die Zähne der durch das Halterungselement getrennten Halbpole weisen einen größeren Abstand in Bewegungsrichtung auf als die Zähne innerhalb der magnetischen Einheit und erzeugen hierdurch einen Phasenversatz zwischen benachbarten elektomagnetischen Einheiten.

Die unmagnetischen Halterungselemente vermeiden Rückstellkräfte durch unerwünschte Streuflüsse und steigern damit ebenfalls die Kraftdichte der Maschine. Der negative Einfluß des sekundären Luftspaltes wird durch ein Anpreßen der Polsegmente gegeneinander und eine deutliche Erhöhung der Übergangsfläche durch einen schrägen Schnitt weitgehend vermieden. Zusätzlich wird eine Erhöhung des magnetischen Widerstandes im Jochbereich vermieden, indem die Jochdicke in Richtung der Nuttiefe ca. 75 % der Breite des bewickelten Pols entspricht. Die Kombination der Effekte

- günstigere Magnetisierung durch kornorientierte Polsegmente
- kompakte Wickeltechnik der Polspulen
- kurze Flußwege und Entkoppelung der Phasen durch magnetisch getrennte Einheiten

führt zu einer deutlichen Steigerung der Leistungsdichte.

Neben der Verbesserung der Leistungsfähigkeit und geringerer Wicklungsverluste vermindert die erfindungsgemäße Segmentierung auch die Komplexität des Stanzwerkzeuges und den Stanz-

verschnitten. Das Wickeln der Polspulen wird vereinfacht und der zusätzlich Montageaufwand durch die Vielzahl der vorgefertigten Polteile ist beim Einsatz flexibler Montageautomaten vertretbar. Die erfindungsgemäße Segmentierung der Doppelschenkelpolmaschine eignet sich für rotierende Bauformen mit radialem und axialem Luftspaltfeld und auch für Linearantriebe.

Ebenfalls zu einer besseren Raum- und Materialausnutzung in rotierenden Maschinen, besonders bei transversaler Flußführung, trägt die Verwendung von schräg gewalzten Blechen bei. Bisher werden im Elektromaschinenbau ausschließlich Elektroblech mit konstanter Dicke eingesetzt. Entsprechend dem dritten Grundgedanken der Erfindung werden die Bleche vor, beim oder nach dem Stanzen in Richtung der Blechdicke verformt. Vorzugsweise erfolgt dies in einem Walzvor- gang vor dem Stanzen, wobei das Elektroband einen trapezförmigen Querschnitt erhält.

Das trapezförmige Band kann vorteilhaft in Transversalflußmaschinen eingesetzt werden, wobei mit zwei unterschiedlichen Blechsnitten ein kompletter Eisenring um die Leiterringe ange- ordnet werden kann. Der Fluß wird lediglich in der Nähe des magnetisch aktiven Luftspalts in den Zähnen konzentriert, die vorzugsweise aus einer Kobalteisen-Legierung bestehen. Der Einsatz von Elektroblechlamellen mit trapezförmigem Querschnitt ist aber auch in Radialfluß- und Axialflußmaschinen, besonders in Zwischenstatoren oder -rotoren, vorteilhaft.

In den Zeichnungen sind vorteilhafte Ausführungsformen der Erfindung dargestellt.

- Fig. 1** zeigt einen Umfangsausschnitt aus dem Querschnitt einen Schrittmotors mit Außenläufer mit Polschuhkappen und zusammengesetztem Rotorring,
- Fig. 2** zeigt den halben Querschnitt einer Transversalflußmaschine, mit Zahneinsätzen aus einer Kobalteisen-Legierung,
- Fig. 3** zeigt einen Ausschnitt aus der axiale Seitenansicht des weichmagnetischen Körpers der Transversalflußmaschine aus Fig. 2.

**Fig. 1** zeigt einen Ausschnitt aus dem Querschnitt einer erfindungsgemäßen Reluktanzmaschine 1, die aus sechs baugleichen elektromagnetischen Einheiten 2 mit jeweils vier Zähnen 3 besteht. Im Ausschnitt ist nur eine elektromagnetische Einheit dargestellt, die aus einem bewickelten Polsegment 4 und zwei baugleichen, unbewickelten Halbpolesegmenten 5 besteht. Pol- und Halbpolesegmente bestehen aus axial hintereinandergeschichteten kornorientierten Elektroblechen, wobei die Vorzugsrichtung radial ausgerichtet ist. Die Halbpole weisen an der zum Luftspalt 6 weisenden Oberfläche einen Zahn 3 auf. 24 Statorzähnen 3 liegen 26 Zahnsegmente 7 des Rotors 8 gegenüber. Der Abstand zwischen den Zähnen 3 benachbarter Halbpole 5 ist um  $\frac{2}{3}$  der Zahnbreite größer als der Abstand der Zähne innerhalb einer elektromagnetischen Einheit.

Die Zähnezahzahl pro elektromagnetischer Einheit kann auf 4, 8, 12, 16 [bzw.  $4 \cdot k$  mit  $k = \text{ganzzahlig}$ ] und die Anzahl der elektromagnetischen Einheiten kann eine beliebiges Vielfaches der Phasenanzahl betragen.

Damit die Rotorzähne 7 nicht bereits vor den Statorzähnen 3 einen erhöhten magnetischen Widerstand erzeugen, bestehen sie ebenfalls aus kornorientiertem Elektroblech. Dagegen besteht der Rotorring 9 aus nichtkornorientierten Elektroblech. Die tangential geblechten Rotorzähne 7 weisen einen leicht trapezförmigen Querschnitt auf. Dieser entsteht durch den Einsatz trapezförmig gewalzter Elektrobänder. Diese werden als paketierte Stäbe in einen erwärmten Rotorjochring gepreßt. Beim Abkühlen erhöht sich der Druck des Rotorrings 9 auf die Rotorzähne 7, so daß ein stabiler Sitz gewährleistet ist. Zusätzlich wird der tangential Raum zwischen den Rotorzähnen mit einem mechanisch stabilen Isolierstoff 10 ausgefüllt, der ebenfalls zur Stabilisierung beiträgt.

Im Stator ist der Raum zwischen benachbarten Zähnen 3 unterschiedlicher elektromagnetischer Einheiten durch das breite Ende des T-förmigen Halterungselements 11 ausgefüllt. Die Halterungselemente bestehen ebenfalls aus einem unmagnetischen Werkstoff mit niedriger elektrischer Leitfähigkeit und hoher mechanischer Festigkeit.

Die Polspule 12 wird in einen vorgelagerten Fertigungsschritt auf das Polsegment 4 gewickelt. Hierbei ist durch ein exaktes Legen des unter Zugspannung stehenden Drahtes ein erheblich höherer Füllfaktor realisierbar, als beim Einlegen der Wicklung durch den Nutspalt 13. Anschließend werden die beiden angrenzenden Halbpole 5 tangential aufgepreßt und dabei vorzugsweise durch Kleben angefügt. Die fertig montierte elektromagnetische Einheit 2 wird nun in den vorgewärmten Halterungskörper 14 axial eingeschoben. Beim Abkühlen verkürzen sich die T-förmigen Halterungselemente 11 und es entsteht eine Vorspannung, die den dreiteiligen weichmagnetischen Körper der elektromagnetischen Einheit auch bei den hohen Schwankungen der magnetischen Normalkräfte im Luftspalt stabilisiert. Zusätzlich wird der Aufbau nach der Montage vergossen. Ergänzend kann in die Nuten der Polsegmente ein klauenförmiger Körper (nicht dargestellt) eingreifen und so zur Stabilisierung beitragen.

In *Fig. 2* ist ein Schnitt durch den halben Querschnitt einer zweiphasigen Transversalflußmaschine 15 dargestellt. In dem Blechschnitt 16 aus nichtkornorientierten Elektroblechen sind kleiner Zahneinsätze 17 aus einer Kobalteisen-Legierung eingefügt. In Bewegungsrichtung liegen den ebenfalls aus einer Kobalteisen-Legierung bestehenden Rotorsegmenten 18 immer nur Zahneinsätze oder Vertiefungen 19 gegenüber. Dagegen umschließen die Blechschnitte 16 den Leiterring 20 über den gesamten Umfang und die Flußdichte ist auch bei maximaler Flußdichte

(2,3 T) in den Zahneinsätzen 17 im übrigen weichmagnetischen Körper 21 auf für die magnetische Verlustleistung günstige Werte zwischen 1,2 und 1,4 T begrenzt. Da der weichmagnetische Körper 21 den Leiterrings 20 an drei Seiten in tangentialer Richtung lückenlos einbettet, kann der elektrische Strom auf der gesamten Leiterlänge gleichmäßig zur Magnetfelderzeugung beitragen. Nur an den kritischen Verengungen des magnetischen Flusses wird das wesentlich teurere hochpermeable Material eingesetzt.

Der Anteil der Rotorsegmente und Zahneinsätze am Gewicht des weichmagnetischen Körpers kann durch die erfindungsgemäße Bauform auf 10 bis 20 % reduziert werden. Hierdurch entstehen bei in etwa gleicher Leistungsfähigkeit erhebliche Einsparungen bei den Materialkosten gegenüber einer vollständig aus einer Kobaltheisen-Legierung bestehenden Maschine konventioneller Bauart.

Die Verbesserung der Wandlung von elektrischer Energie in magnetische Energie wird hierbei durch den Einsatz von Elektroblechen mit variabler Dicke bewirkt. In *Fig. 3* ist erkennbar, wie ein lückenloser weichmagnetischer Ring 21 durch tangentialer Schichtung von Elektroblechen 22 mit trapezförmigem Querschnitt hergestellt wird.

Elektrobleche mit trapezförmigem Querschnitt sind - wie die Rotorzähne in *Fig. 1* zeigen - auch vorteilhaft in Radialflußmaschinen einsetzbar. Weiterhin sind derartig umgeformte Elektrobleche zur besseren Ausnutzung des Raumes und damit zur Steigerung der Leistungsfähigkeit von segmentierten Axialflußmaschinen einsetzbar.

Im Raum zwischen den weichmagnetischen Zähnen können auch Permanentmagnete als magnetische Blenden eingesetzt werden. Die Erfindung beschränkt sich nicht auf reine Reluktanzmaschinen, sondern schließt auch Hybridmotoren und -generatoren ein, die zusätzlich zur weichmagnetischen Zahnung am Luftspalt Permanentmagneten, Kurzschluß- oder Erregerwicklungen aufweisen.



**Patentansprüche**

- 1) Elektrische Maschine mit mindestens zwei zueinander beweglichen Baugruppen (2, 8), die durch einen Luftspalt (6) voneinander getrennt sind und die jeweils mindestens einen weichmagnetischen Körpern (4, 5, 7, 21) aufweisen, wobei Teilbereiche der zum Luftspalt (6) weisenden Oberflächen der mindestens zwei Baugruppen (2, 8) für den magnetischen Fluß inhomogene Eigenschaften aufweisen,  
dadurch gekennzeichnet, daß mindestens ein weichmagnetischer Körper (21), einen Teilbereich (7, 17) in der Nähe des Luftspaltes (6) aufweist, der aus einem Werkstoff mit höherer Magnetisierbarkeit und/oder höherer Sättigungsflußdichte besteht, als der ein weiter vom Luftspalt entfernt angeordnete Teilbereich (9, 16) des weichmagnetischen Körpers (21), der zum gleichen magnetischen Kreis gehört.
- 2) Elektrische Maschine nach Anspruch 1,  
dadurch gekennzeichnet, daß mindestens ein weichmagnetischer Körper am Luftspalt Zähne (7) aus kornorientiertem Elektroblech aufweist und mindestens ein weiterer Teil (9) des weichmagnetischen Körpers aus nichtkornorientiertem Elektroblech besteht.
- 3) Elektrische Maschine nach Anspruch 1,  
dadurch gekennzeichnet, daß ein weichmagnetischer Körper (21) am Luftspalt Zähne (17) aus einer Kobalteisen-Legierung aufweist und mindestens ein weiterer Teil (16) des weichmagnetischen Körpers (21) aus einer anderen Eisenlegierung besteht.
- 4) Elektrische Maschine mit mindestens zwei zueinander beweglichen Baugruppen (2, 8), die durch einen Luftspalt (6) voneinander getrennt sind und die jeweils mindestens einen weichmagnetischen Körpern (4, 5, 7, 21) aufweisen, wobei Teilbereiche der zum Luftspalt (6) weisenden Oberflächen der mindestens zwei Baugruppen (2, 8) für den magnetischen Fluß inhomogene Eigenschaften aufweisen,  
dadurch gekennzeichnet, daß mindestens ein weichmagnetischer Körper (21) Elektrobleche mit variabler Blechdicke aufweist.
- 5) Elektrische Maschine nach Anspruch 4,  
dadurch gekennzeichnet, daß in einer rotierenden Maschine der weichmagnetische Körper (21) in tangentialer Richtung geblecht ist und die Blechdicke mit dem Radius zunimmt.

- 6) Elektrische Maschine mit mindestens zwei zueinander beweglichen Baugruppen (2, 8), die durch einen Luftspalt (6) voneinander getrennt sind und die jeweils mindestens einen weichmagnetischen Körpern (4, 5, 7) aufweisen, wobei Teilbereiche der zum Luftspalt (6) weisenden Oberflächen der mindestens zwei Baugruppen (2, 8) für den magnetischen Fluß inhomogene Eigenschaften aufweisen, dadurch gekennzeichnet, daß mindestens eine Baugruppe mindestens zwei elektromagnetische Einheiten (2) aufweist, die aus mindestens einem bewickelten Polsegment (4) und zwei unbewickelten Halbpolesegmenten (5) besteht und die Halbpolesegmente (5) im Jochbereich flächig an mindestens einem Polsegment (4) anliegen.
- 7) Elektrische Maschine nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen zwei benachbarte Halbpolesegmenten (5) ein T-förmiges Halterungselement angeordnet ist, das die elektromagnetischen Einheiten (2) magnetisch trennt und eine Bewegung der an im anliegenden Halbpolesegmente (5) verhindert.
- 8) Verfahren zur Herstellung einer elektrischen Maschine mit mindestens zwei zueinander beweglichen Baugruppen (2, 8), die durch einen Luftspalt (6) voneinander getrennt sind und die jeweils mindestens einen weichmagnetischen Körpern (4, 5, 7, 21) aufweisen, wobei Teilbereiche der zum Luftspalt (6) weisenden Oberflächen der mindestens zwei Baugruppen (2, 8) für den magnetischen Fluß inhomogene Eigenschaften aufweisen, dadurch gekennzeichnet, daß die Elektrobleche vor, beim oder nach dem Stanzen derart umgeformt werden, daß die Blechdicke variiert.
- 9) Verfahren zur Herstellung einer elektrischen Maschine mit mindestens zwei zueinander beweglichen Baugruppen (2, 8), die durch einen Luftspalt (6) voneinander getrennt sind und die jeweils mindestens einen weichmagnetischen Körpern (4, 5, 7, 21) aufweisen, wobei Teilbereiche der zum Luftspalt (6) weisenden Oberflächen der mindestens zwei Baugruppen (2, 8) für den magnetischen Fluß inhomogene Eigenschaften aufweisen, dadurch gekennzeichnet, daß der weichmagnetische Körper eines Polsegmentes unabhängig von anderen Teilen des weichmagnetischen Körpers vorgefertigt und nach dem Auftragen einer Kernisolierung mit einem gespannten Leiterdraht bewickelt wird, und an den vorgefertigte bewickelte Pol anschließend zwei unbewickelte Halbpole von unterschiedlichen Seiten angefügt werden.

1/1

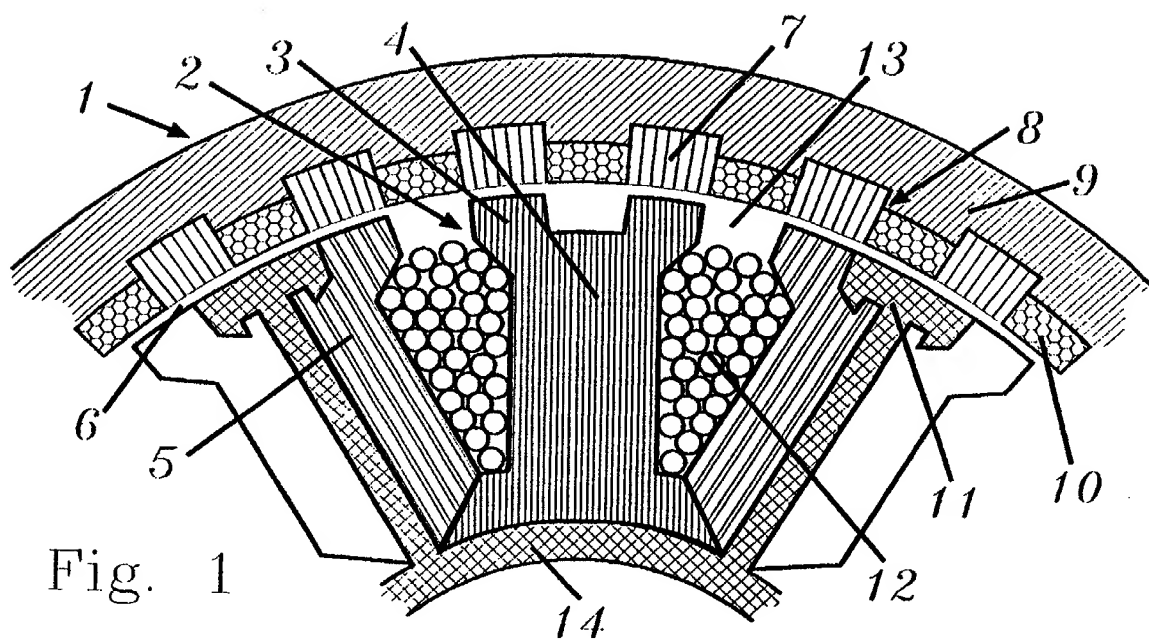


Fig. 1

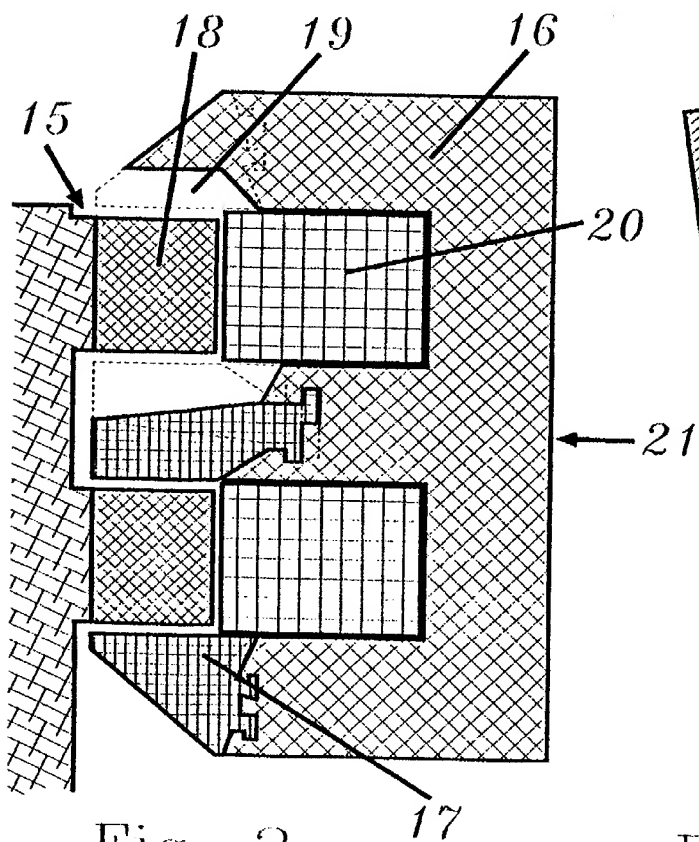


Fig. 2

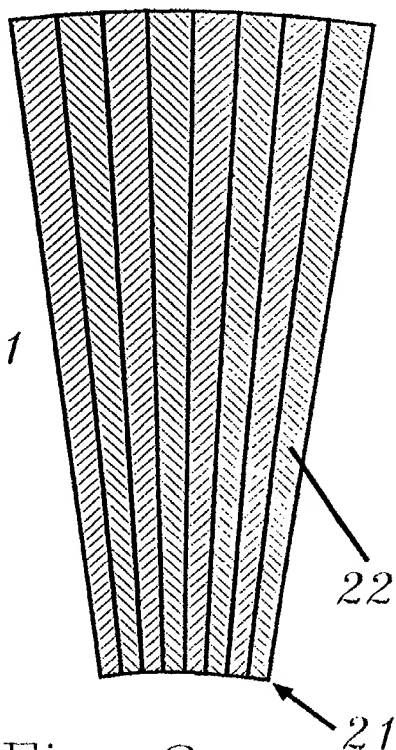


Fig. 3

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/DE 98/01826

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 6 H02K19/10 H02K1/06 H02K1/14

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 6 H02K

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 4 698 537 A (BYRNE JOHN V ET AL) 6 October 1987	1
Y	see column 4, line 54 - column 5, line 34	2-9
Y	BE 637 360 A (LICENTIA) 31 December 1963 see claim 1	2
Y	US 5 523 635 A (FERREIRA CAIO A ET AL) 4 June 1996 see column 5, line 20 - column 5, line 28	3
Y	EP 0 606 974 A (GEN ELECTRIC) 20 July 1994 see figures 6-8	4,5
Y	DE 26 53 387 A (INTERMADOX AG) 1 June 1978 see page 6, paragraph 2	6,7
	-/-	



Further documents are listed in the continuation of box C.



Patent family members are listed in annex.

### \* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

23 October 1998

Date of mailing of the international search report

30/10/1998

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Ramos, H

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Inter national Application No

PCT/DE 98/01826

## C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	US 5 208 503 A (HISEY BRADNER L) 4 May 1993 see column 9, line 27 - column 9, line 54 ----	8
Y	DE 42 41 085 A (BLUM GMBH) 17 June 1993 cited in the application see column 3, line 7 - column 3, line 29 ----	9
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 096, no. 011, 29 November 1996 & JP 08 186967 A (MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD), 16 July 1996 see abstract ----	
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 095, no. 008, 29 September 1995 & JP 07 123621 A (HITACHI LTD), 12 May 1995 see abstract -----	

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/DE 98/01826

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 4698537 A	06-10-1987	IE 56528 B CA 1268514 A EP 0193708 A GB 2171260 A, B JP 2051017 C JP 7055036 B JP 61203847 A	28-08-1991 01-05-1990 10-09-1986 20-08-1986 10-05-1996 07-06-1995 09-09-1986
BE 637360 A		NONE	
US 5523635 A	04-06-1996	US 5489810 A EP 0756775 A JP 9512697 T WO 9529529 A	06-02-1996 05-02-1997 16-12-1997 02-11-1995
EP 0606974 A	20-07-1994	US 5440600 A DE 69406810 D JP 7007918 A	08-08-1995 02-01-1998 10-01-1995
DE 2653387 A	01-06-1978	NONE	
US 5208503 A	04-05-1993	CA 2108151 A EP 0579745 A US 5355045 A WO 9219035 A US 5235231 A	13-10-1992 26-01-1994 11-10-1994 29-10-1992 10-08-1993
DE 4241085 A	17-06-1993	FR 2685143 A GB 2262842 A, B JP 6062560 A US 5422530 A	18-06-1993 30-06-1993 04-03-1994 06-06-1995

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE 98/01826

## A. KLASIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES

IPK 6 H02K19/10 H02K1/06 H02K1/14

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

## B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierte Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPK 6 H02K

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

## C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 4 698 537 A (BYRNE JOHN V ET AL) 6. Oktober 1987	1
Y	siehe Spalte 4, Zeile 54 - Spalte 5, Zeile 34	2-9
Y	BE 637 360 A (LICENTIA) 31. Dezember 1963 siehe Anspruch 1	2
Y	US 5 523 635 A (FERREIRA CAIO A ET AL) 4. Juni 1996 siehe Spalte 5, Zeile 20 - Spalte 5, Zeile 28	3
Y	EP 0 606 974 A (GEN ELECTRIC) 20. Juli 1994 siehe Abbildungen 6-8	4,5

☒ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

☒ Siehe Anhang Patentfamilie

\* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

23. Oktober 1998

Absenddatum des internationalen Recherchenberichts

30/10/1998

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde

Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Ramos, H

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE 98/01826

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
Y	DE 26 53 387 A (INTERMADOX AG) 1. Juni 1978 siehe Seite 6, Absatz 2 ----	6,7
Y	US 5 208 503 A (HISEY BRADNER L) 4. Mai 1993 siehe Spalte 9, Zeile 27 - Spalte 9, Zeile 54 ----	8
Y	DE 42 41 085 A (BLUM GMBH) 17. Juni 1993 in der Anmeldung erwähnt siehe Spalte 3, Zeile 7 - Spalte 3, Zeile 29 ----	9
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 096, no. 011, 29. November 1996 & JP 08 186967 A (MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD), 16. Juli 1996 siehe Zusammenfassung ----	
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 095, no. 008, 29. September 1995 & JP 07 123621 A (HITACHI LTD), 12. Mai 1995 siehe Zusammenfassung -----	



# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE 98/01826

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 4698537 A	06-10-1987	IE 56528 B CA 1268514 A EP 0193708 A GB 2171260 A,B JP 2051017 C JP 7055036 B JP 61203847 A	28-08-1991 01-05-1990 10-09-1986 20-08-1986 10-05-1996 07-06-1995 09-09-1986
BE 637360 A		KEINE	
US 5523635 A	04-06-1996	US 5489810 A EP 0756775 A JP 9512697 T WO 9529529 A	06-02-1996 05-02-1997 16-12-1997 02-11-1995
EP 0606974 A	20-07-1994	US 5440600 A DE 69406810 D JP 7007918 A	08-08-1995 02-01-1998 10-01-1995
DE 2653387 A	01-06-1978	KEINE	
US 5208503 A	04-05-1993	CA 2108151 A EP 0579745 A US 5355045 A WO 9219035 A US 5235231 A	13-10-1992 26-01-1994 11-10-1994 29-10-1992 10-08-1993
DE 4241085 A	17-06-1993	FR 2685143 A GB 2262842 A,B JP 6062560 A US 5422530 A	18-06-1993 30-06-1993 04-03-1994 06-06-1995

HPS Trailer Page  
for

**EAST**

---

**UserID: KAddison\_Job\_1\_of\_1**

**Printer: cp4\_11c05\_gbjrptr**

**Summary**

<u>Document</u>	<u>Pages</u>	<u>Printed</u>	<u>Missed</u>	<u>Copies</u>
WO009901924	17	17	0	1
Total (1)	17	17	0	-